ChinaXiv合作期刊

基于定标和图像处理的数字相机串扰图像修正方法

闫晓辉[1,2]，张玉衡[1*]，宋谦[1]

（1. 中国科学院国家天文台，北京，100101；2. 中国科学院大学，北京，100049）

摘 要：针对多通道数字相机因信号串扰导致的输出图像重叠问题，基于自行研制的四通道 CCD 数字相机系统数据，对串扰系数进行了追踪测试，发现串扰系数与输入信号强度和系统读出速度有特定的规律。对于这类系统噪声类串扰，提出了一种基于定标和图像处理的串扰图像修正方法。该方法通过定标建立串扰比例系数与像素 DN（Digital Number, DN）数的关系，再由串扰通道反推被串扰通道的干扰量，通过还原算法进行系统差修正，最终消除串扰。测试结果表明，经过该方法修正后的图像，串扰程度可降至基底白噪声量级，图像质量得到大幅改善。该方法对成像系统中因硬件工艺缺陷造成的固定图案噪声的消除有显著效果，对系统噪声类干扰也有抑制作用，在实际应用中可作为一般成像系统优化图像质量的补充。

关键词：信号串扰；数据拟合；系统差修正；数字相机

中图分类号：TN911.4　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672-7673（2023）01

chinaXiv:202211.00280v1

串扰是各类成像系统在研发中经常遇到但又不易解决的问题。对于光学数字相机而言，串扰表现为一个像素对其他像素产生的耦合影响，本质是一个信号对另一个信号耦合引发的干扰噪声。引发串扰的原因很多，归其形成机制，可以分为光学串扰和电学串扰两大类。串扰的大小与系统中的光学组件、探测器结构、后端放大器信号耦合和信号处理电路通道间的耦合因素有关[1-2]。

当串扰发生时，干扰通道会对邻近通道辐射信号[3]。这时，被干扰通道的信号不仅来自本通道，还包含邻近通道耦合的信号。干扰源通道既是其他通道的干扰源，同时也受到来自其他通道的干扰影响[4]。同时工作的通道数越多，通道间信号串扰造成的效果越复杂[5-6]。串扰会降低图像清晰度，影响探测器焦面阵列的分辨率性能，综合影响成像系统输出图像的质量。

目前针对串扰的研究非常多，对于不同的串扰类型和问题表象也采取了相应的控制措施。在电路设计方面，可以通过加强电源滤波、减小地电阻、不同通道采用不同器件、增大传输线间距、减少平行线长度、更改传输线介质、扩大传输带宽、在传输线间增加屏蔽线等方法，主动降低多通道信号系统的串扰[7-10]。在成像系统获取图像后，可以通过建立针对性串扰模型，借用软件算法消除串扰，如线性近似订正算法[11]。

串扰的成因很复杂，不同原因引起的串扰程度各不相同，有一类串扰具有类似系统噪声的特点，它的值或恒定不变，或遵循一定的变化规律，产生的原因是可知或可掌握的，具有规律性、单向性和可重复性[12]。针对这类串扰，我们开发了一套基于定标和图像数据拟合的串扰消除方法[13]。经验证，该方法可以在不改动电路硬件的前提下，将串扰程度降低至基底白噪声的量级水平，对串扰图像有较好的修正效果。本文主要介绍串扰的修正依据和消除算法，并通过实验验证该方法的实际效果。

基金项目：国家自然科学基金（11903052）资助..

收稿日期：2022-09-29　；修订日期：2022-10-28

作者简介：闫晓辉，女，博士研究生.主要研究天文终端控制系统设计与仿真. Email: xhyan@bao.ac.cn

***通信作者**：张玉衡，女，博士.主要研究天文CCD控制器及射电天文仪器. Email: yhzhang@bao.ac.cn

1 串扰的修正依据

chinaXiv:202211.00280v1

1.1 串扰程度的判定

我们基于自行研制的专用集成电路开发了一台四通道 CCD 黑白数字相机[14]，图 1 是这台数字相机的成像原理[15]。物体经过光源照射后发生反射，反射光通过镜头投射在 CCD 图像传感器上产生光生电子。在曝光结束后，光生电子从 CCD 图像传感器中读出，经过多通道读出电路进行放大、去噪、数字化和数据拼合，最终形成数字图像[16]。

这台相机的读出电路为自行研制的专用集成电路，内部为四路相同的信号处理电路，用来并行处理从 CCD 图像传感器输出的四路模拟图像输出信号[17]，如图 2。每个信号处理电路通道对应 CCD 图像传感器中的一个输出放大器，四条信号处理电路通道各自运行，最后通过数据拼合组成一幅数字图像。这副数字图像由 CCD 的原始数据扣除基底值后直接拼合而成，图像的特定区域可以反映对应信号处理电路的情况[18]。

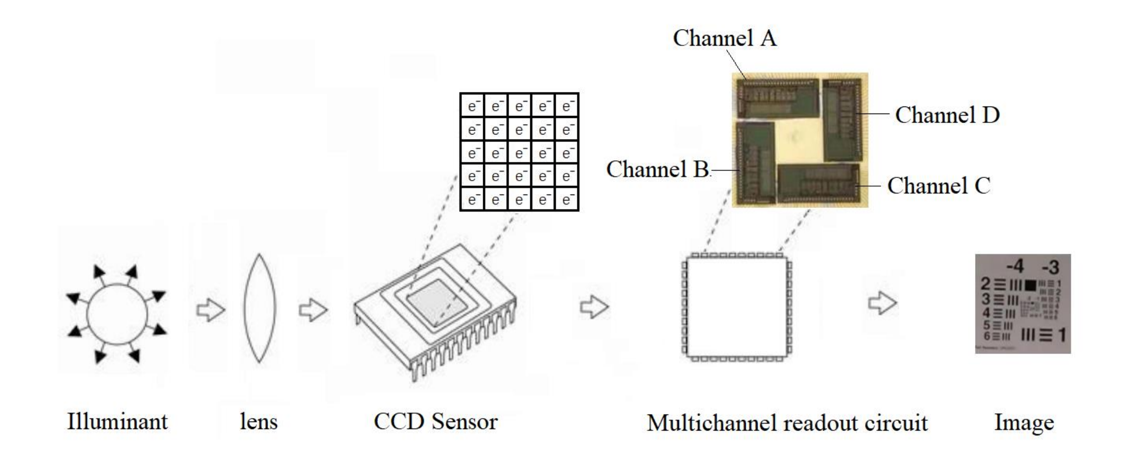


图 1 多通道 CCD 光学相机系统

Fig.1 Multi-channel CCD optical camera system

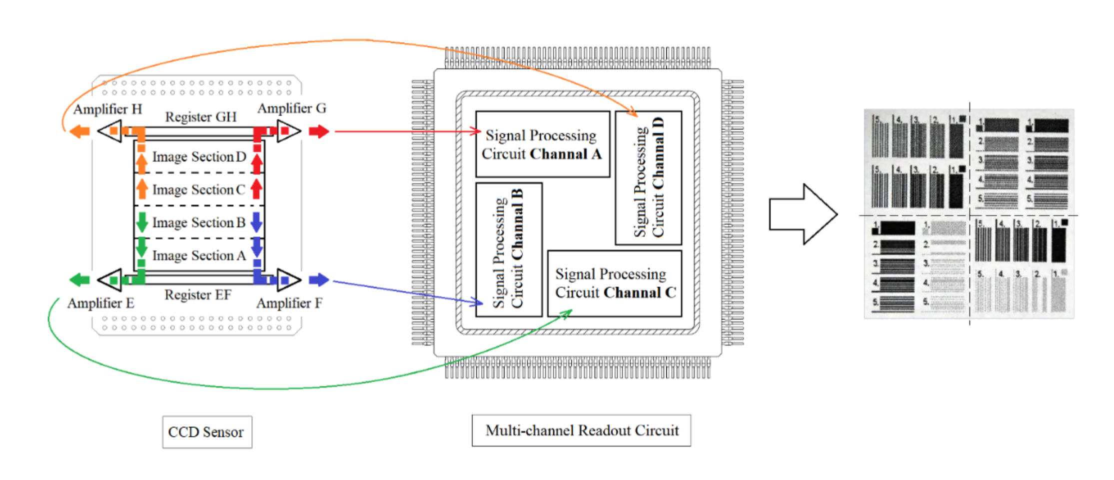


图 2 CCD 图像传感器与多通道电路对应关系图

Fig.2 Correspondence between CCD image sensor and multi-channel circuit

相机研制完成之后，我们对相机性能进行了长时间监测。在监测过程中我们发现，不同通道间的图像存在串扰现象，最终获得的数字图像中有不正常的影像交叠，这很可能是读出电路芯片内部因工艺缺陷导致四个通道隔离度不足造成的。为此，我们利用下述方法评估串扰程度。

任选读出电路的两个通道，记为 A 和 B。对通道 A 接入测试信号；对通道 B 输入零，即对地短路。在相同条件下同时读出 A 和 B 两个通道的图像。由于通道 B 输入短路，在没有串扰发生的情况下，B 通道呈现出的图像应和基底背景一样是平坦的白噪声形态。如果通道 A 对通道 B 形成了串扰，就可以在通道 B 的图像中观察到一定程度的来自通道 A 的干扰图像。串扰越强，干扰图像的影像就越明显。

图 3 是本系统通道 A 和 B 的输出图像，其中图像的左侧为幅度图，右侧为灰度图例条，表示灰度的上下限范围。图 3 中通道 A 对通道 B 的串扰程度在 4‰左右，为了便于肉眼观察，我们调高了图 3(b)的显示对比度。取图 3 中通道 A 信号较强处的一行，第 1416 行，读取其像元幅度值并用图像显示（如图 4，实验装置拍摄的图像尺寸为 2048×2248 像素，其中第 1-1024 列为通道 B，第 1025-2048 列为通道 A，第 2049-2148 列为通道 B 基底过扫描区，第 2149-2248 列为通道 A 基底过扫描区），可以看到通道 A（蓝色部分）对通道 B 产生的串扰量（红色部分）。

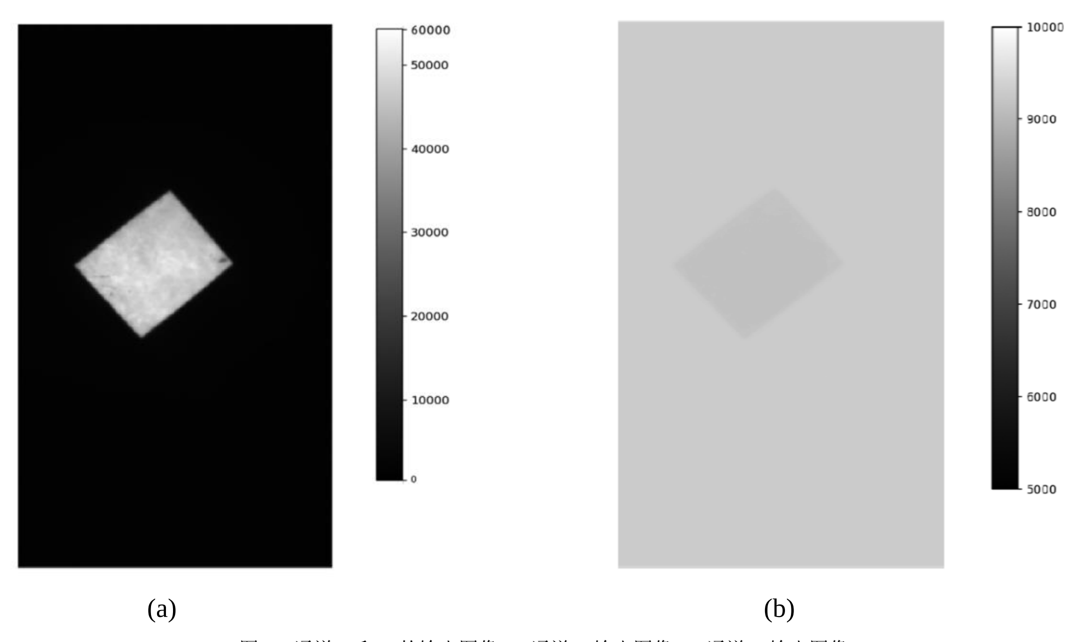


图 3　通道 A 和 B 的输出图像 (a)通道 A 输出图像 (b)通道 B 输出图像

Fig.3　Output image of channel A and B. (a) Output image of channel A; (b) output image of channel B

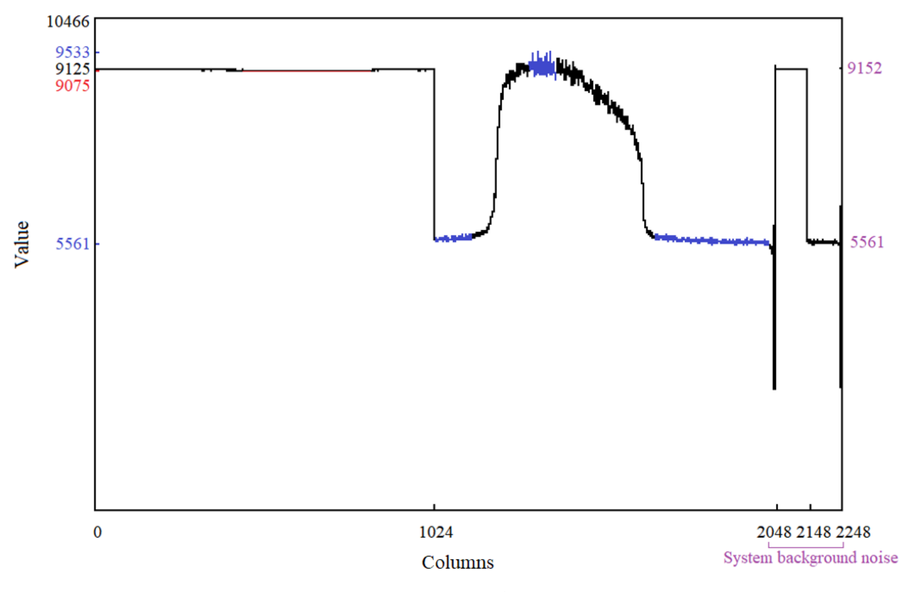


图 4 第 1416 行的像素值

Fig.4　The pixel value at line 1416

为了方便描述，我们设通道 A 的输出信号为S_A，通道 A 的系统背景噪声为N_A；通道 B 的输出信号为S_B，通道 B 的系统背景噪声为N_B；通道 A 对通道 B 的串扰比例系数为$CT_{A\to B}$，定义为

$$CT_{A\to B}=\frac{S_B\text{-}N_B}{S_A\text{-}N_A}\quad . \tag{1}$$

通道 A 中传输的图像信号会一定比例地叠加到通道 B 中，造成串扰噪声。根据（1）式，通道 A 对通道

chinaXiv:202211.00280v1

ChinaXiv合作期刊

B 形成的串扰量即为$CT_{A\to B}\cdot$（S_A-N_A）。对于数字图像来说，通道 A 每个像素点的当前值都会在通道 B 产生一个与之对应的串扰数值。

如果$CT_{A\to B}$恒定不变，或遵循某种变化规律，就能将每个像素点对应形成的串扰量精确计算并进行扣除，获得去除串扰的效果。

1.2 引起串扰比例系数变化的可能因素

不同的环境因素对$CT_{A\to B}$会产生不同的影响，需要通过多次测试，验证$CT_{A\to B}$与具体某种因素的关系曲线是否保持恒定。我们对自行研制的系统进行了实验监测，分别观察$CT_{A\to B}$与信号强度、$CT_{A\to B}$与读出速率的关系。

1.2.1 改变通道 A 内输入信号的强度，观察通道 A 对通道 B 串扰比例系数$CT_{A\to B}$的变化

在保持信号读出速率不变（即通道的工作频率不变）的情况下，改变通道 A 输入信号的大小，监测通道 A 对通道 B 的影响。通道 A 输入信号的强度改变通过控制曝光时间获得，曝光时间从 1s，2s，3s，…，12s 依次递增变化。我们对通过以上方式获得的 12 张图像，选取每张图片中固定区域的均值作为计量点，对计量点计算$CT_{A\to B}$。该测试进行了两组，统计结果的规律接近（如图 5），串扰比例系数$CT_{A\to B}$随输入信号的增大（曝光时间增加）呈现微递减的关系。

图 5 通道 A 输入信号强度改变时通道 A 对通道 B 串扰比例系数$CT_{A\to B}$的变化曲线

Fig.5 Change curve of crosstalk scale coefficient $CT_{A\to B}$ between channel A and channel B when the input signal strength of channel A changes

1.2.2 改变通道 A 内输入信号的读出速率，观察通道 A 对通道 B 串扰比例系数$CT_{A\to B}$值的变化

在保持输入信号大小不变的情况下，即输入信号保持相同实验室环境、相同光照强度和相同曝光时间，改变通道的读出速率，监测通道 A 对通道 B 的影响。两通道的读出时间从 1us，2us，3us，…，10us 依次递增变化。我们对通过以上方式获得的 10 张图像，选取每张图片中固定区域的均值作为计量点，对计量点计算$CT_{A\to B}$。该测试进行了 3 组，统计结果的规律接近（如图 6），串扰比例系数$CT_{A\to B}$几乎不随读出速率的增加而改变。

chinaXiv:202211.00280v1

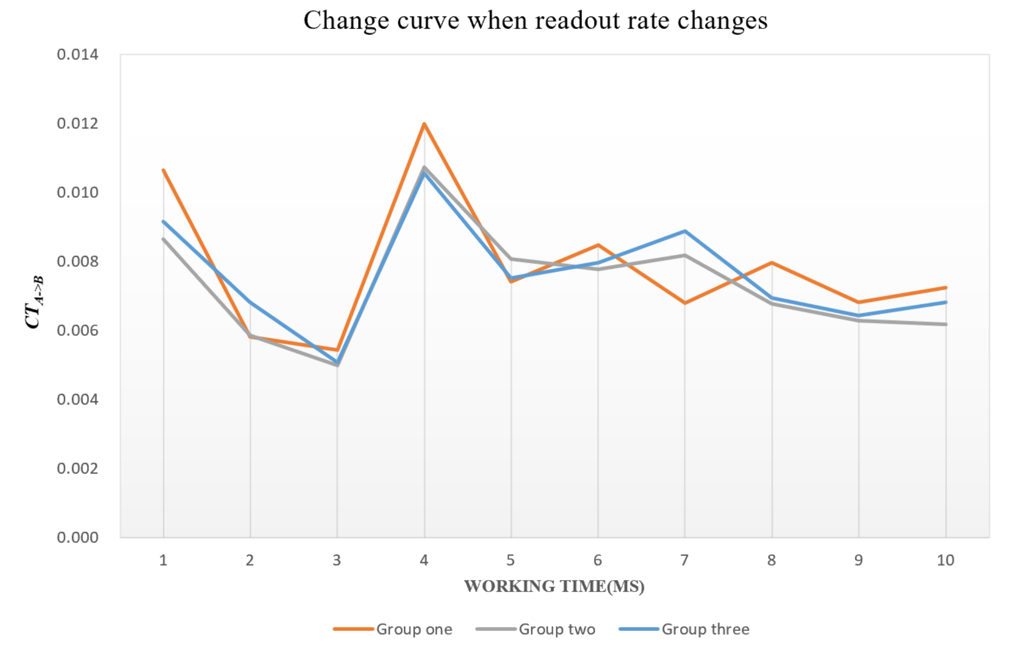


图 6 读出速率改变时通道 *A* 对通道 *B* 串扰比例系数$CT_{A\to B}$的变化曲线

Fig.6 The change curve of crosstalk scale coefficient $CT_{A\to B}$ between channel *A* and channel *B* when readout rate changes

1.3 串扰比例系数与像素 DN 数的分布规律

经过实验发现，$CT_{A\to B}$与信号输入强度及工作频率存在恒定的规律，我们可以将该规律总结，转化成与输出图像像素值直接相关的关系表，即$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律关系表。该关系表在处理图像时更易使用。

图 7 是系统经过定标实验采样和最小二乘法插值拟合，获得的 3 种增益模式下的$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律，其中 *x* 轴为像素 DN 数（动态范围为 16bit 的数字图像，DN 数为 0~65535），*y* 轴为通道 *A* 对通道 *B* 的串扰比例系数$CT_{A\to B}$（算法如(1)式）。

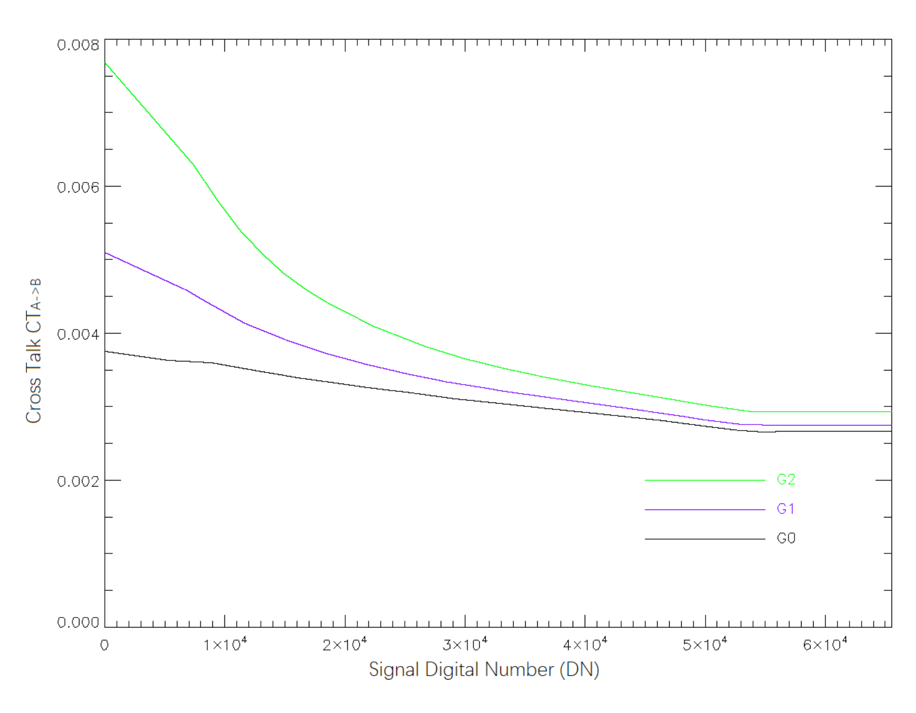


图 7 增益为 0/1/2 三种增益模式下实测定标测得的$CT_{A\to B}$随像素 DN 数的分布规律

Fig.7 Distribution law of $CT_{A\to B}$ measured with DN number of pixels under three gain modes with 0/1/2

chinaXiv:202211.00280v1

chinaXiv:202211.00280v1

2 消除算法

基于 1.3 节统计的分布规律，我们能够清楚地知道通道 B 的输出图像中包含了多少来自通道 A 的串扰成分。根据这个分布规律，对被干扰通道的每个像素点依据对应串扰系数求解串扰量并进行逆向扣除，就能有效消除串扰影响。

2.1 分布规律校正

在进行算法消除之前，首先对$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律进行校正。系统开启并运行稳定后，将相机增益、读出速度等参数调节到某一具体值后保持不变，逐一改变输入信号的强度，并获取对应强度下的图像。从所获图像中选取统一固定区域，由（1）式计算串扰比例系数$CT_{A\to B}$值，将计算得到的比例系数通过插值法画出该参数模式下的$CT_{A\to B}$与像素 DN 数分布曲线。然后，改变相机增益或读出速度，重复上述过程，直到得出所有增益模式下$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律。

这一步骤是为了确保分布规律的正确性。系统在工作一段时间后，可能会因为环境的改变，轻微影响分布规律曲线。但由于操作步骤繁琐耗时，一般只针对长期使用或正在使用的拍摄模式进行校正。

2.2 串扰消除过程

在得到系统运行环境下$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律后，即可利用该规律进行串扰消除。我们通过如图 8 的串扰计算模型，定性描述串扰消除过程。

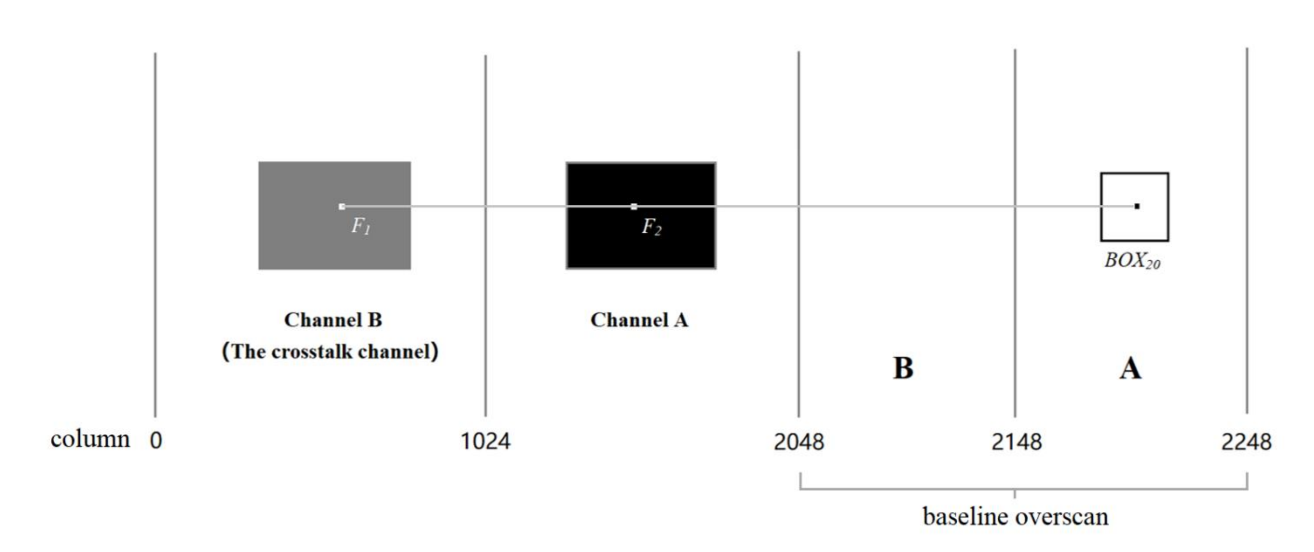


图 8 串扰计算模型图
Fig.8 Crosstalk calculation model diagram

图 8 中，通道 A 的信号点 F_2（数值为 A_2）由于通道串扰，在通道 B 的 F_1 点产生一个数值为 A_1 的信号，其中 A_1 是根据 A_2 变化的一个值。在本系统中，F_1 点与 F_2 点呈镜像对称关系。我们的目的是根据$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律得到 F_2 点的$CT_{A\to B}$的值，然后用（3）式计算 F_1 点的修正值（记为 L_1），用 L_1 代替 A_1，实现串扰去噪。

串扰噪声消除的具体处理步骤如下：

（1）取包含两个通道 A 和 B 的图像，计算 A 通道图像中逐个像素的基底值（系统背景噪声值）并存储，以 F_2 点为例，计算 F_2 点系统背景噪声 M_{20}。

M_{20} 计算方法为在 A 通道的系统背景噪声区处，取长宽尺寸固定的小方块 BOX_{20}，其中心点与 F_2 为同一行，计算 BOX_{20} 内所有点的平均值，记为 M_{20}。

（2）根据（2）式，对 F_2 像素点进行基底扣除，获得“纯像素”，即 F_2 点的纯像素 PP_2。

$$PP_2 = A_2 - M_{20} \quad . \tag{2}$$

（3）根据$CT_{A\to B}$与像素 DN 数的分布规律，找到 PP_2 对应的$CT_{A\to B}$值。

（4）依据（3）式，计算 F_1 点的串扰修正值 L_1，用 L_1 代替 A_1，

$$L_1 = A_1 - PP_2 \times CT_{A\to B} \quad . \tag{3}$$

其中，$PP_2 \times CT_{A \to B}$为 F_2 点对 F_1 点造成的串扰量。

（5）遍历图像中通道 A 内所有点 F_i，先计算 L_1，再用 L_1 代替 A_1，直至完成整幅图片消除串扰噪声的过程。

（6）计算完成后，获得消除串扰的图像。

3 效果验证

本文介绍的消除串扰方法采用 Python 编码实现，主要算法流程如图 9。

在串扰算法执行之前，程序会基于定标数据，统计获得不同工作模式下的串扰分布规律，即数字 DN 数与串扰比例系数的对应关系表。然后读入被处理图像，根据消除步骤处理图像数据。

由于验证实验中使用的CCD图像同一行像素具有相同的背景基底噪声，背景基底噪声值数据可以共用，所以算法在设计时把基底数据做了先行计算和预存，后面直接查表读取，比实时运算效率更高。

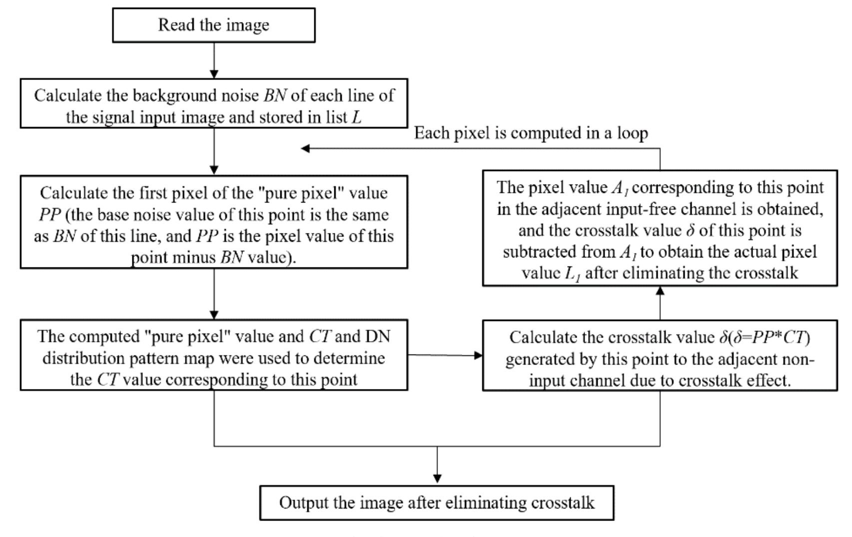


图 9 算法主函数计算过程图

Fig.9 Algorithm main function calculation process diagram

我们用上述程序，分别计算了两组包含串扰的图像，并得到了串扰噪声消除后的图像，如图 10、图 12 所示。其中图左侧为原始图像，右侧为消除串扰后的修正图像。为了便于视觉比较，图像的显示范围统一映射到 5000-10000 灰度值内。

我们对图 10、图 12 串扰消除前后的被干扰通道即通道 B 进行了数据分析，包括：通道 B 串扰区对应的基底区像素标准差 S_b、整个通道 B 图像区像素标准差 S_B、图像串扰区最大 CT 值，通过对这些参数的对比评估串扰消除的效果。

（1）通道 B 串扰区对应的基底区像素标准差 S_b

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2}{n}}，其中\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n}Xi}{n} \tag{4}$$

其中，Xi 为区域内某个像素点的值，$\bar{X}$为区域内所有像素点的平均值，n 为区域内像素点的总数。

S_b 可以反映通道 B 在相机过扫描区对应的像素值的离散程度。

（2）整个通道 B 图像区像素标准差 S_B

S_B 反映的是整个通道 B 像素值的离散程度，计算方法同公式 4。

（3）通道 B 串扰区最大 CT 值

在通道 B 串扰图像最亮部分取一区域，然后取该区域在通道 A、通道 B 基底区、通道 A 基底区的对应区域，计算该区域的 CT 值。

$$CT = \frac{B_1-B_0}{A_1-A_0} = \frac{\bar{X}_{B_1}-\bar{X}_{B_0}}{\bar{X}_{A_1}-\bar{X}_{A_0}}，其中\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n}Xi}{n} \tag{5}$$

其中，n 为区域内像素点的总数，$\bar{X}$为区域内像素平均值，最大 CT 可以反映通道串扰的最大影响系数。

chinaXiv:202211.00280v1

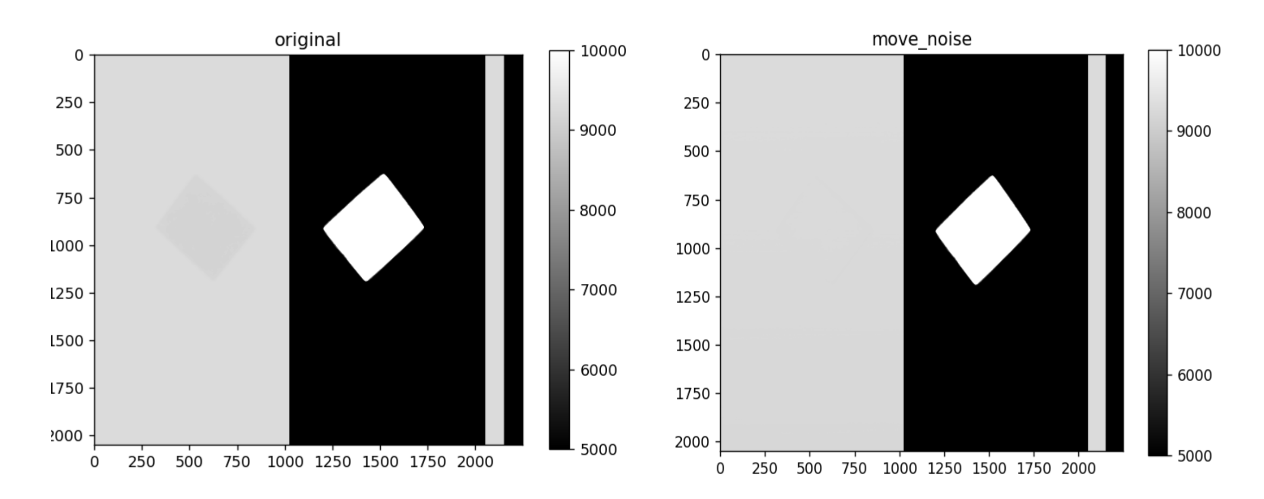


图 10 测试用例 1 处理前后对比图。(左图)去串扰前；(右图)去串扰后

Fig.10 Test Case 1 comparison before and after processing. (left) to cross talk before; (right) after cross talk

计算该图串扰消除前后参量值，结果如下表 1：

表 1 测试用例 1 参量表

Table 1 Test case 1 data table

	S_b	S_B	Local maximum *CT*
Before	3.28	33.96	$2.95*10^{-3}$
After	3.28	5.82	$7.61*10^{-6}$

取图像中串扰中间处一行，第 1000 行，读取该行像素值，比较串扰消除前后该行像素值的变化。

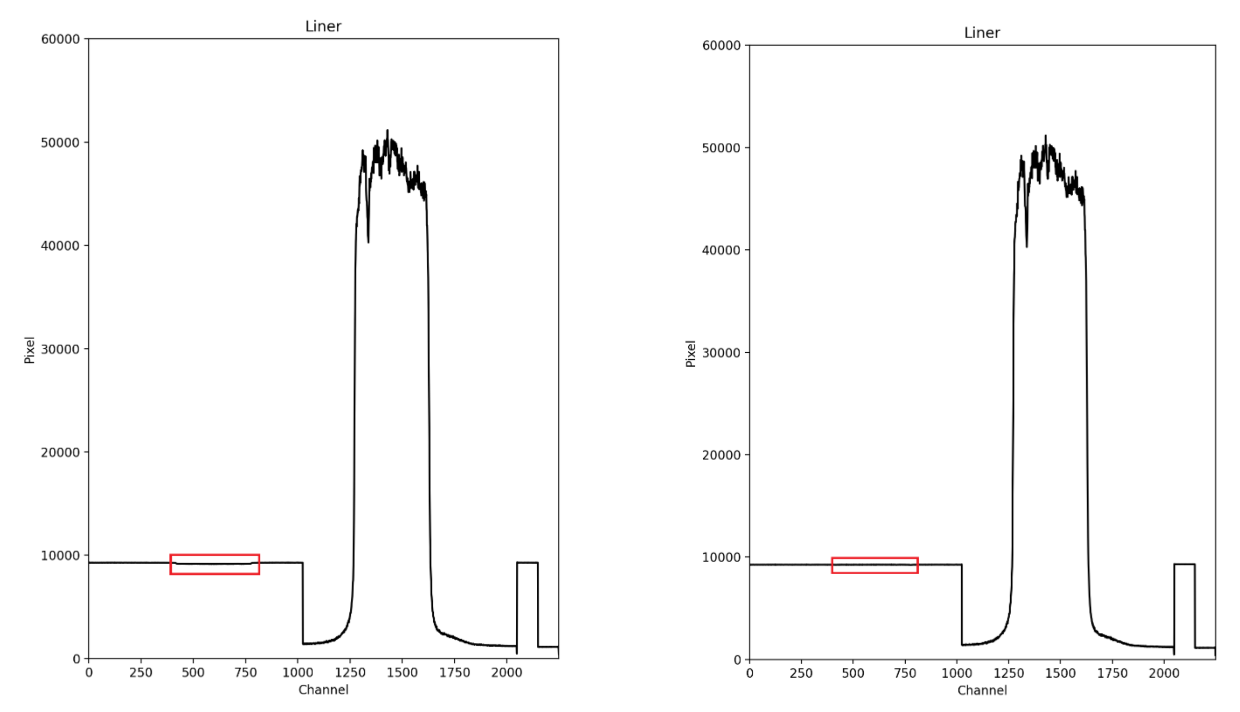


图 11 测试用例 1 第 1000 行处理前后对比图 (左图)去串扰前；(右图)去串扰后

Fig.11 Test case 1 before and after treatment in line 1000. (left) before cross talk; (right) after cross talk

chinaXiv:202211.00280v1

chinaXiv:202211.00280v1

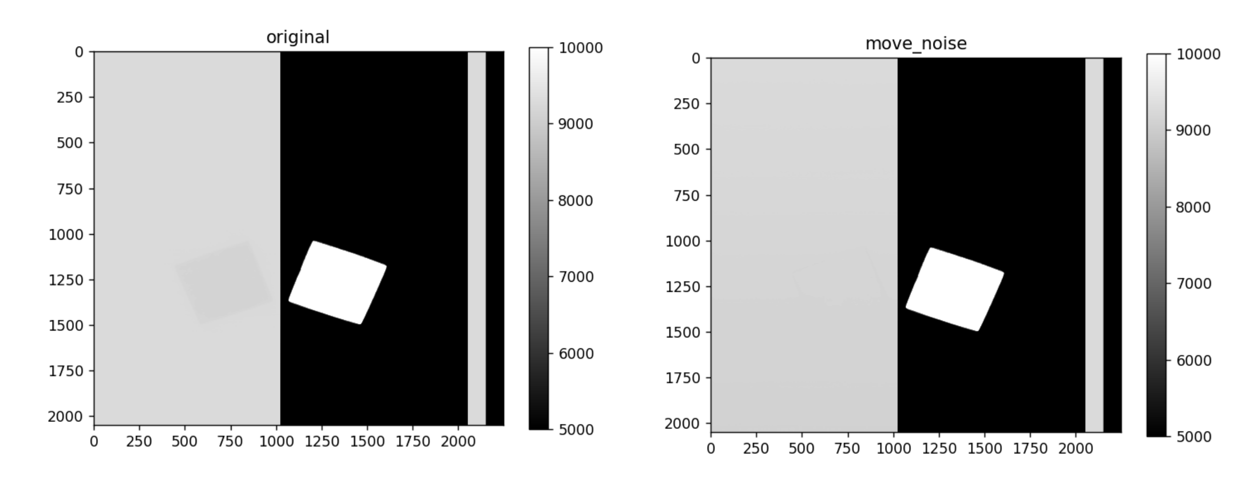


图 12 测试用例 2 处理前后对比图 (左图)去串扰前；(右图)去串扰后

Fig.12 Test Case 2 comparison before and after processing. (left) to cross talk before; (right) after cross talk

计算该图串扰消除前后参量值，结果如下表 2：

表 2 测试用例 2 参量表

Table 2 Test case 2 data table

	S_b	S_B	Local maximum CT
Before	3.74	27.86	$3.65*10^{-3}$
After	3.74	4.55	$1.19*10^{-6}$

取图像中串扰中间处一行，第 1250 行，读取该行像素值，比较串扰消除前后该行像素值的变化。

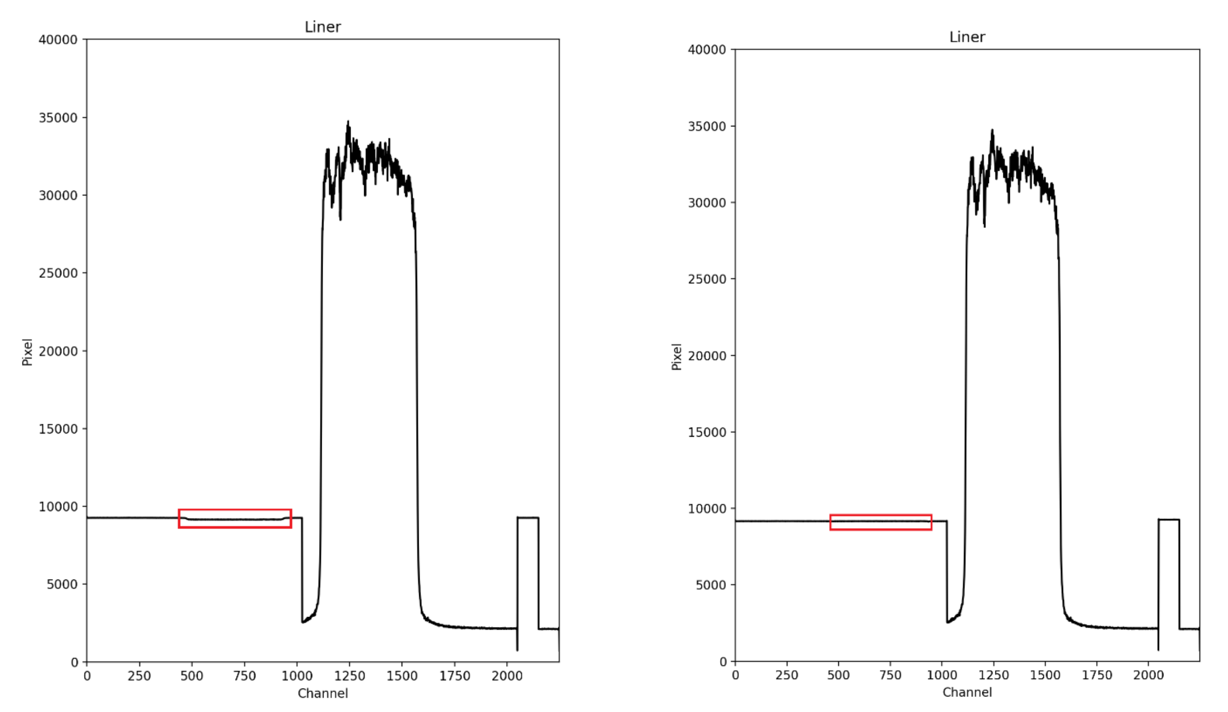


图 13 测试用例 2 第 1250 行处理前后对比图 (左图)去串扰前；(右图)去串扰后

Fig.13 Test case 1 before and after treatment in line 1250. (left) before cross talk; (right) after cross talk

从测试用例的结果可以看出，串扰显著发生在 CCD 图像传感器的图像区，基底过扫描区几乎不受干扰。串扰消除之前，对通道 B 构成串扰的局部区域最大 CT 值在 10^{-3} 量级；串扰消除后，整个通道 B 对应的 S_B 降至基底过扫描区的水平，局部最大 CT 值压制到 10^{-6} 量级。读取串扰发生区域的一行像素值（图 11，图 13），可以明显观察到串扰处理后通道 B 串扰像素值被恢复，回归到基底水平。

测试结果表明，本文方法对通道串扰噪声的消除具有显著效果。

ChinaXiv合作期刊

4 结论

针对多通道数字成像系统的串扰问题，本文提出了一种基于定标和图像处理的串扰消除方法。该方法通过建立串扰比例系数$CT_{A\rightarrow B}$值与像素 DN 数的对应关系，借由串扰通道反推被串扰通道每一像素点的干扰量，再通过算法修正串扰量，达到串扰消除的目的。验证表明，串扰程度可降至基底白噪声量级，图像质量得到大幅改善。

本文方法针对成像系统中因硬件工艺缺陷造成的固定图案噪声有显著的消除效果，对系统噪声类干扰也有抑制作用，在实际应用中可作为一般成像系统优化图像质量的补充。

致谢：感谢中国科学院所级中心天文探测技术研发与测试平台 IFS125HR 的设备支持。

参考文献：

[1] 梁宏林,蔡毅,姚英. 多元光导碲镉汞探测器的电串音[J].红外与毫米波学报,1997,16(1):77-80.
LIANG H L, CAI Y, YAO Y. Electrical crosstalk of multi-element photoconductive HgCdTe detectors[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 1997,16(1):77-80.

[2] 李大宇,段星辉,魏焕东. 多元红外光导探测器电子学串音研究[J].激光与红外,2009,39(9):952-955.
LI D Y, DUAN X H, WEI H D. Study on electrical crosstalk of multi-element infrared photoconductive detectors[J]. Laser & Infrared,2009,39(9):952-955.

[3] 肖天雷. 数据采集系统通道间串扰的校准方法[J].上海计量测试,2017,44(6):18-20,23.
XIAO T L. Calibration method for channel-to-channel crosstalk in data acquisition system[J]. Shanghai Measurement and Testing, 2017,44(6):18-20,23.

[4] 薛旭成,李洪法,郭永飞. 高速 CCD 成像电路抗串扰技术[J].中国光学,2011,4(6):611-616.
XUE X C, LI H F, GUO Y F. Anti - crosstalk techniques for high - speed CCD imaging circuit[J]. Chinese Optics, 2011,4(6):611-616.

[5] 胡新. 基于面向对象的通信系统线缆的串扰耦合研究[D]. 北京：北京交通大学,2017.
HU X. Research on crosstalk of cables of communication system based on object-oriented technology[D]. Beijin:Beijing Jiaotong University,2017.

[6] 朱思衡. CMOS 多通道接收机通道间耦合问题及关键模块研究[D]. 北京:北京理工大学,2014.
ZHU S H. Research on coupling and key block of multiple channel receiver based on CMOS technology[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology ,2014.

[7] 金革. 多通道系统中的信号串扰现象[J].电子测量技术,1999(1):1-3.
JIN G. The crosstalk in multi-channel system[J]. Electronic Measurement Technology,1999(1):1-3.

[8] 申才立,梁楠,李鑫,等. CCD 连续转移下图像串扰问题的研究[J].航天返回与遥感,2019,40(5):50-57.
SHEN C L, LIANG N, LI X, et al. Research on image crosstalk in CCD sequential transfer mode[J]. Spacecraft Recovery & Remote Sensing,2019,40(5):50-57.

[9] 田中俊.强流离子源电参数测量系统的电磁兼容设计[J].核电子学与探测技术,2016,36(11):1085-1088.
TIAN Z J. Electromagnetic compatibility design of the electrical parameter measurement system for ion source[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology,2016,36(11):1085-1088.

[10] 余小波.高速 PCB 电路中单端 I/O 信道的串扰抑制研究[D].绵阳：西南科技大学,2022.
YU X B. Research on crosstalk mitigation of single-ended I/O channel in high-speed PCB circuits[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology,2022.

chinaXiv:202211.00280v1

[11] 肖 达 , 徐 娜 , 胡 秀 清 ， 等 .FY-3D MERSI-II 信 号 串 扰 效 应 在 轨 检 测 及 订 正 [J]. 光 学 学 报,2020,40(10):73-84.

XIAO D, XU N, HU X Q, et al. On-orbit detection and correction of crosstalk effect of FY-3D MERSI-II signals[J]. Acta Optica Sinica, 2020,40(10):73-84.

[12] 胡晓炜,朱庆生. 机架模型下指向误差数据的筛选与分析[J].天文研究与技术，2021,18(1):77-86.

HU X W, ZHU Q S. Screening and analysis of pointing error data under frame model[J]. Astronomical Research & Technology, 2021, 18(1): 77-86.

[13] 朱世宇,王壮,王梦南,等.基于多项式模型的射电天文中的移动干扰消除[J].天文研究与技术，2017,14(3):297-303.

ZHU S Y, WANG Z, WANG M N, et al. Model-based mitigation of the moving RFI in radio astronomy[J]. Astronomical Research & Technology, 2017,14(3):297-303.

[14] ZHANG Y H, WEI M Z, SONG Q. Design of the electronic system for a mini single CCD camera based on ASIC[C]//Proceedings of SPIE. 2022.

[15] 刘杰,周冰,华文深,等.CCD 成像原理教学"四步曲"[J].教育教学论坛,2013(42):128-129.

LIU J, ZHOU B, HUA W S, et al. CCD imaging principle teaching "Four Steps"[J]. Education and Teaching Forum, 2013(42):128-129.

[16] 邹金明.屏幕相机通信中采样与通道复用研究[D].成都：电子科技大学,2017.

ZOU J M. Research on Sampling and Channel Multiplexing in Screen Camera Communication[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China,2017.

[17] 任勇峰,王小兵,张凯华.模拟开关通道间串扰机理分析及解决办法[J].兵器装备工程学报,2019,40(6):198-201.

REN Y F, WANG X B, ZHANG K H. Analysis and solution of crosstalk mechanism between analog switch channels[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2019,40(6):198-201.

[18] 李洪法.一种多通道 CCD 图像数据传输系统的设计[J].科技资讯,2014（1）:9-10.

LI H F. Design of multi-channel CCD image data transmission system[J]. Science & Technology Information, 2014（1）:9-10.

chinaXiv:202211.00280v1

Method for Crosstalk Image Correction of Digital Camera Base on Calibration and Image Processing

Yan Xiaohui[1,2], Zhang Yuheng[1*], Song Qian[1]

（1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China， Email: yhzhang@bao.ac.cn;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China）

Abstract: For the problem of output image overlap caused by signal crosstalk in multi-channel digital cameras, we tracked the crosstalk coefficient using the data from the self-developed four-channel CCD digital camera system, and found a strong correlation between the crosstalk coefficient, the input signal intensity, and the system readout speed. For such system noise crosstalk, we propose a crosstalk image correction method based on calibration and image processing. This method establishes the relationship between the crosstalk proportion coefficient and Digital Number，which can be used to infer the amount of interference in the crosstalk channel and realize the crosstalk image recovery algorithm and the systematic error correction. The test results show that after the image correction, the crosstalk degree is reduced to the level of base white noise, and the image quality is greatly improved. This method has a significant effect on the fixed pattern noise caused by the hardware process defects in the imaging system, and also suppresses the noise-type interference of the system, which can be used as a supplement to the image quality optimization of the general image system in practice.

Key words: signal crosstalk;data fitting; systematic error correction; digital camera